

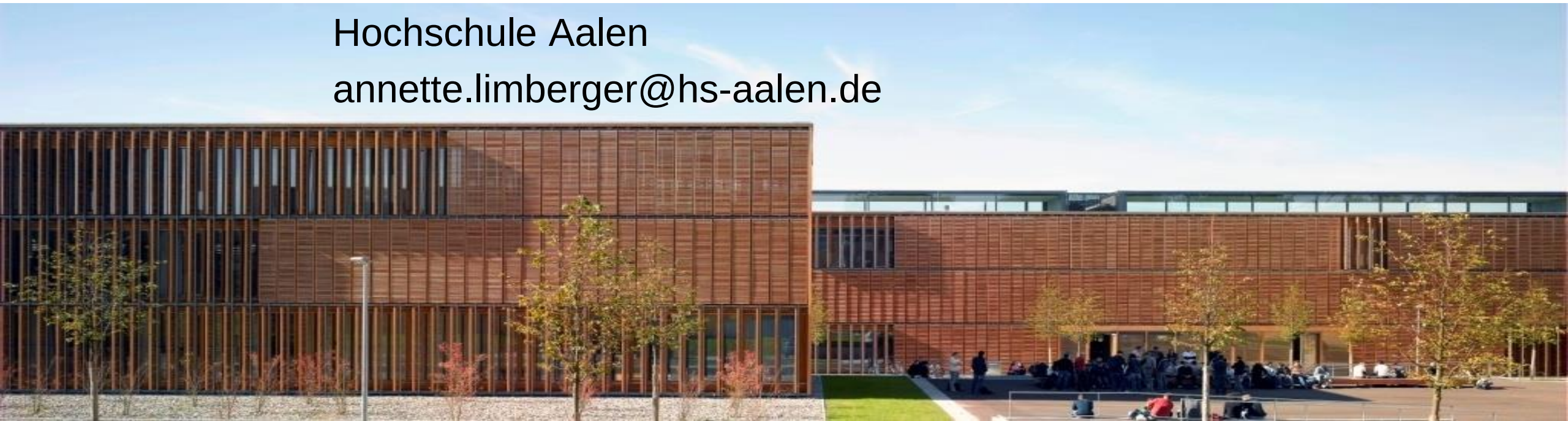
Audiologie und Hörgeräte

Annette Limberger

Studiengang Hörakustik/Audiologie

Hochschule Aalen

annette.limberger@hs-aalen.de



Diagnostik von Hörstörungen

Überischt

- Definition
- Subjektive Audiometrie
- Objektive Audiometrie

Audiometrie

- audire = hören, metiri = messen
 - Hörfähigkeit messen
- Subjektive Methoden
 - Mit Mitarbeit des Probanden, er gibt an, wann und wie er etwas wahrnimmt
- Objektive Methoden
 - Ohne Mitarbeit des Probanden
 - Jedoch häufig Auswertung notwendig, daher oft auch als „semi-objektiv“ bezeichnet

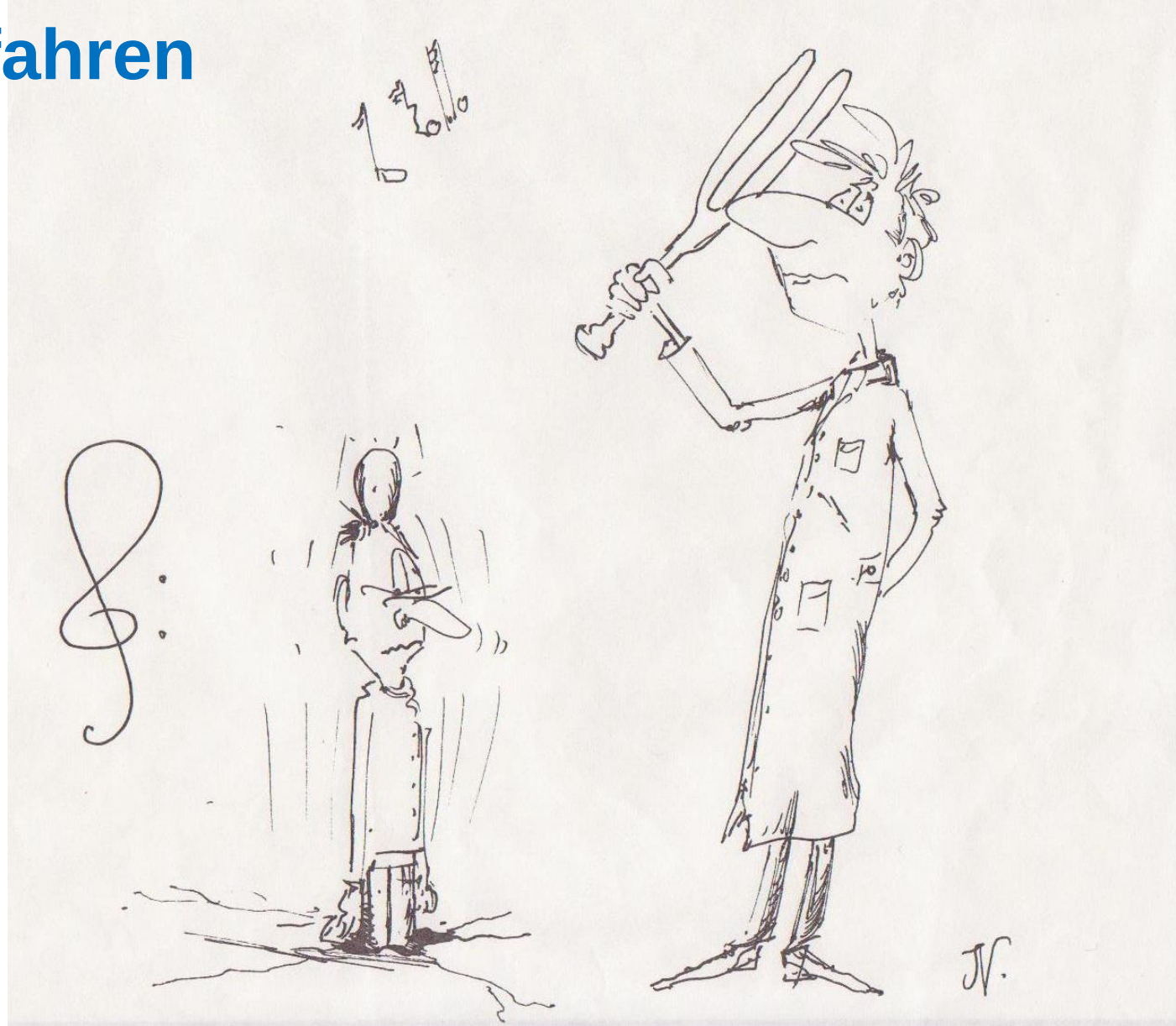
Subjektive Methoden

- Stimmgabeltests
 - Auch heute noch gebräuchlich: Weber, Rinne
 - Tonaudiometrie
 - Verschiedene Wandler: Luftleitung (AC), Knochenleitung (BC), Freifeld (FF)
 - Sprachaudiometrie
 - Freiburger Sprachverständnistest
 - Verschiedene Satztests: OLSa, GöSa, HSM ...
 - Phonemtests
 - Überschwellige Audiometrie (sog. Rekrutmenttests)

Objektive Methoden

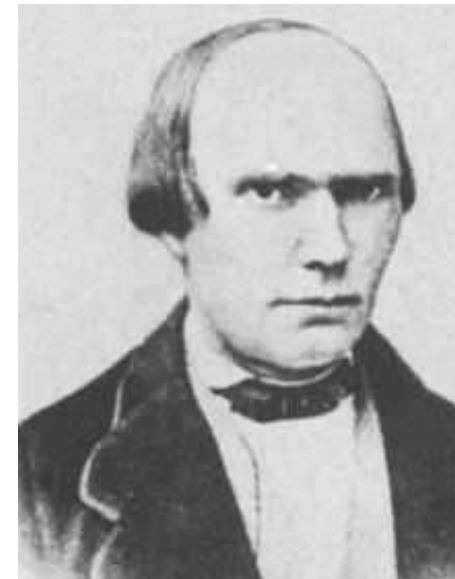
- Impedanzaudiometrie
 - Tympanometrie
 - Stapediusreflex
- Otoakustische Emissionen
 - TEOAE
 - DPOAE
 - Wachstumsfunktionen von DPOAE
- Akustisch Evozierte Potentiale (AEP)
 - ABR
 - ASSR
 - CERA
 - Ereigniskorrelierte Potentiale

Subjektive Verfahren



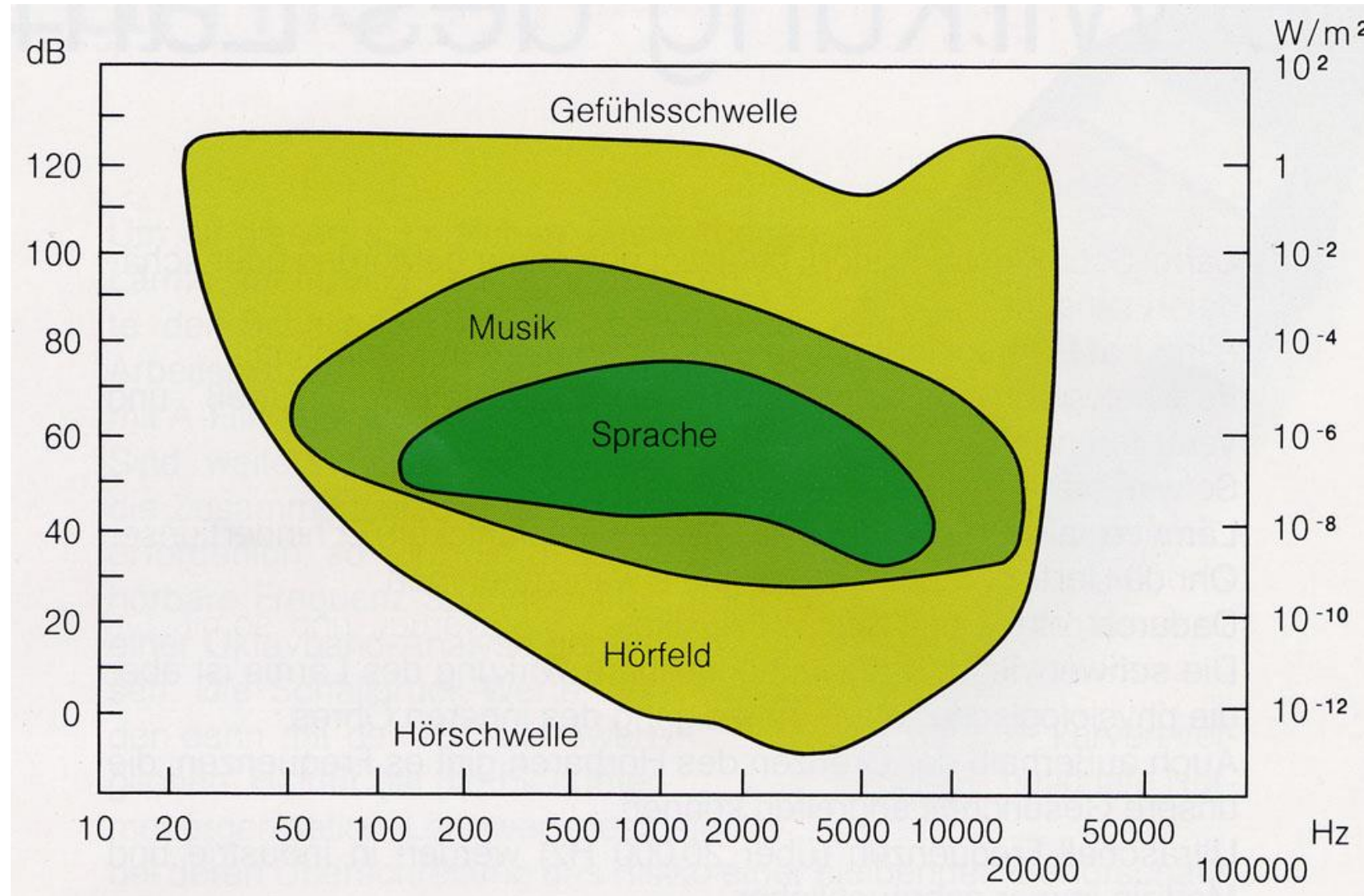
Stimmgabelprüfungen

- Der „Weber“
 - Nach Ernst-Heinrich Weber 1795 – 1878
 - Prüft die Funktionsfähigkeit des Mittelohres
- Der „Rinne“
 - Nach Heinrich Adolf Rinne 1819 – 1868
 - Vergleicht Luft- mit Knochenleitung

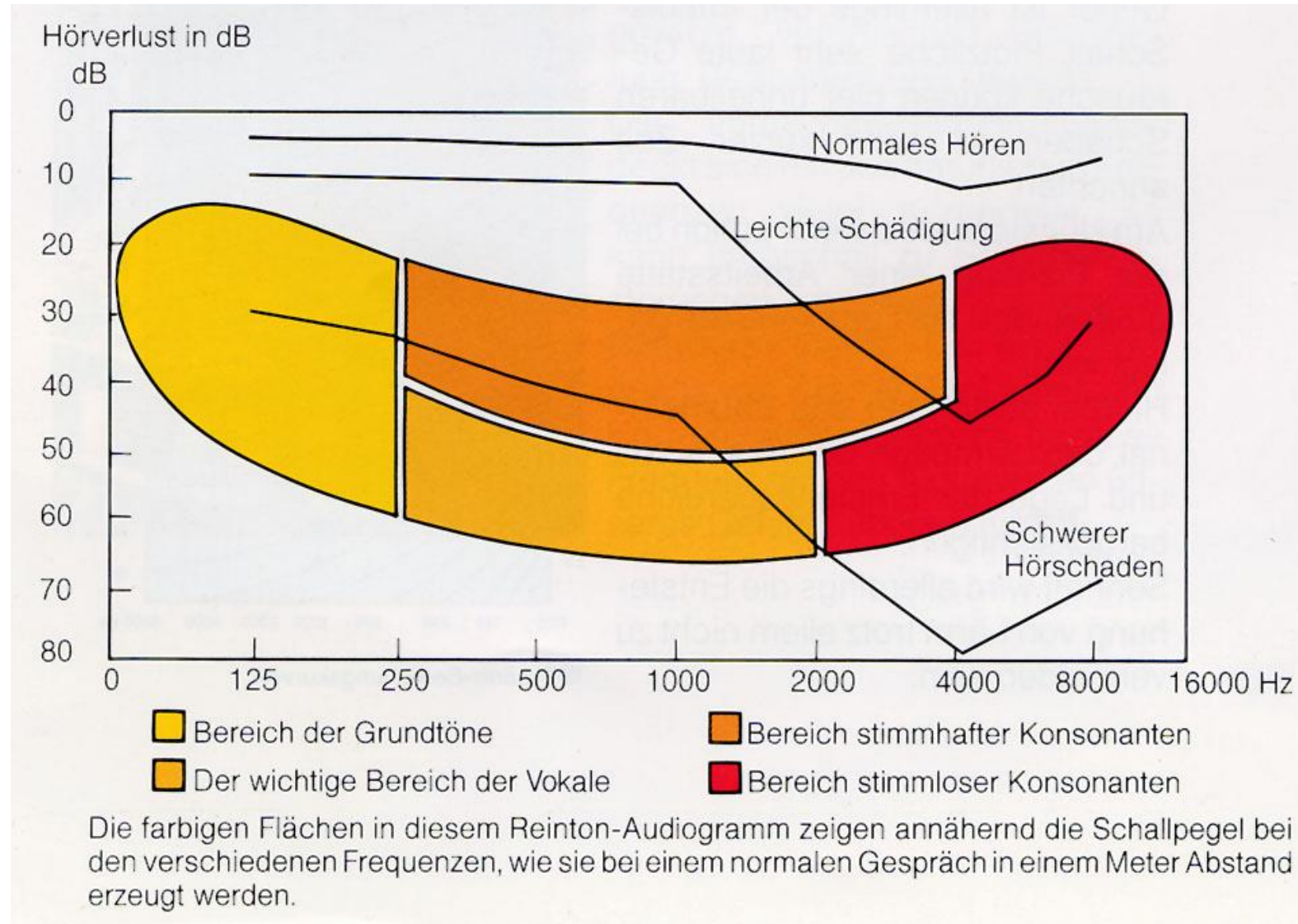


Bilder aus Wikipedia

...ein paar Grundlagen...



Ermittlung des Hörverlusts



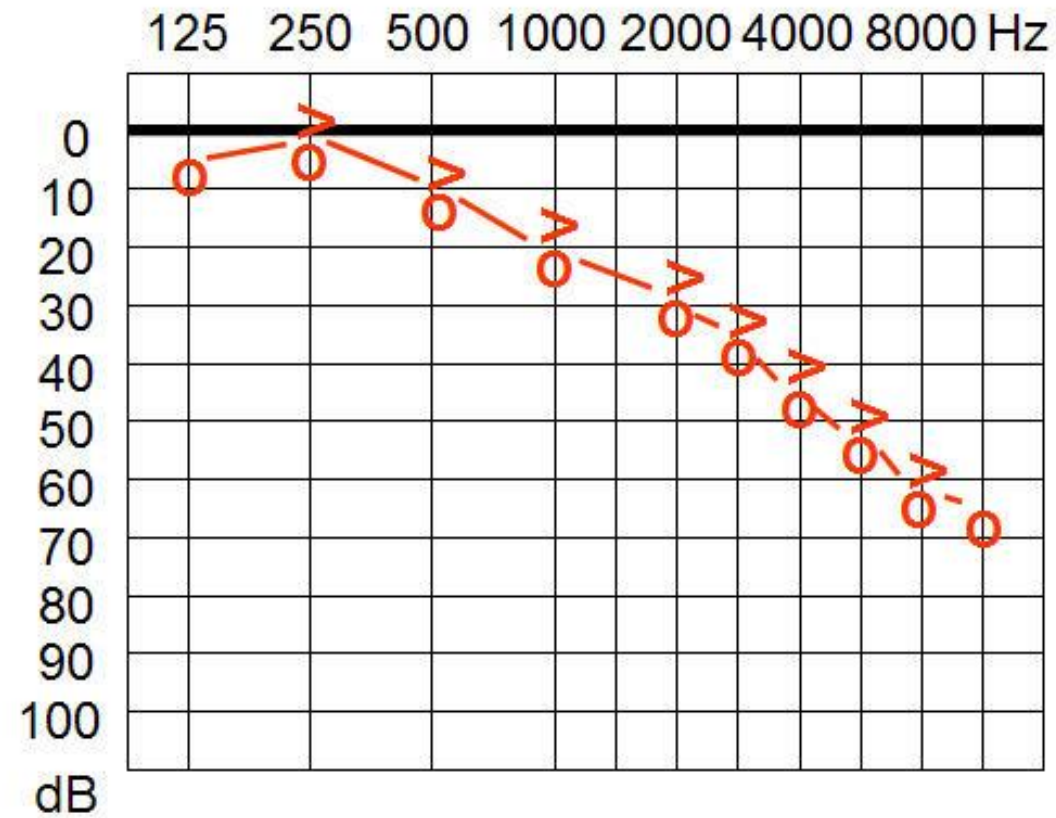
Das richtige Verfahren!



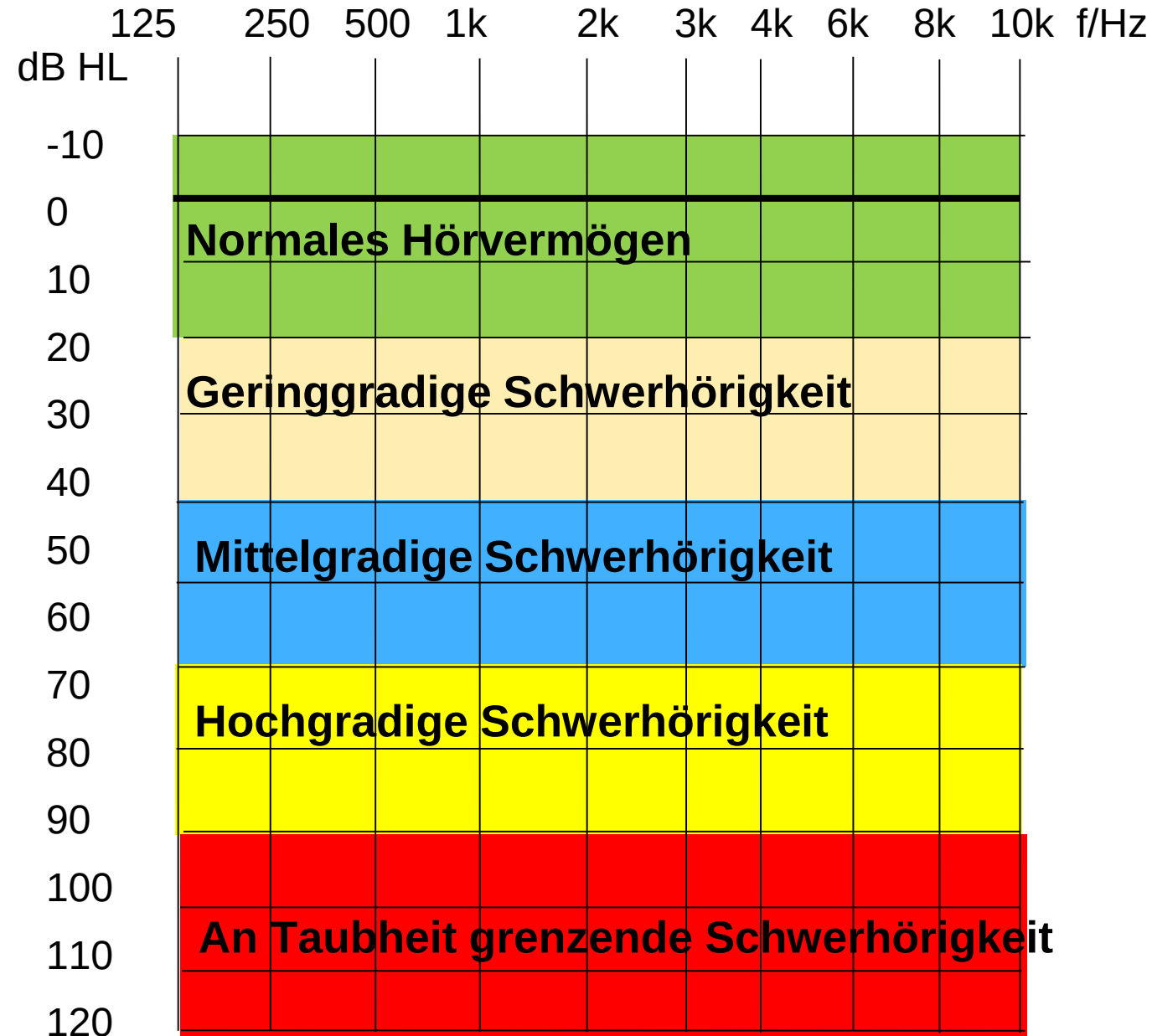
Hörtest



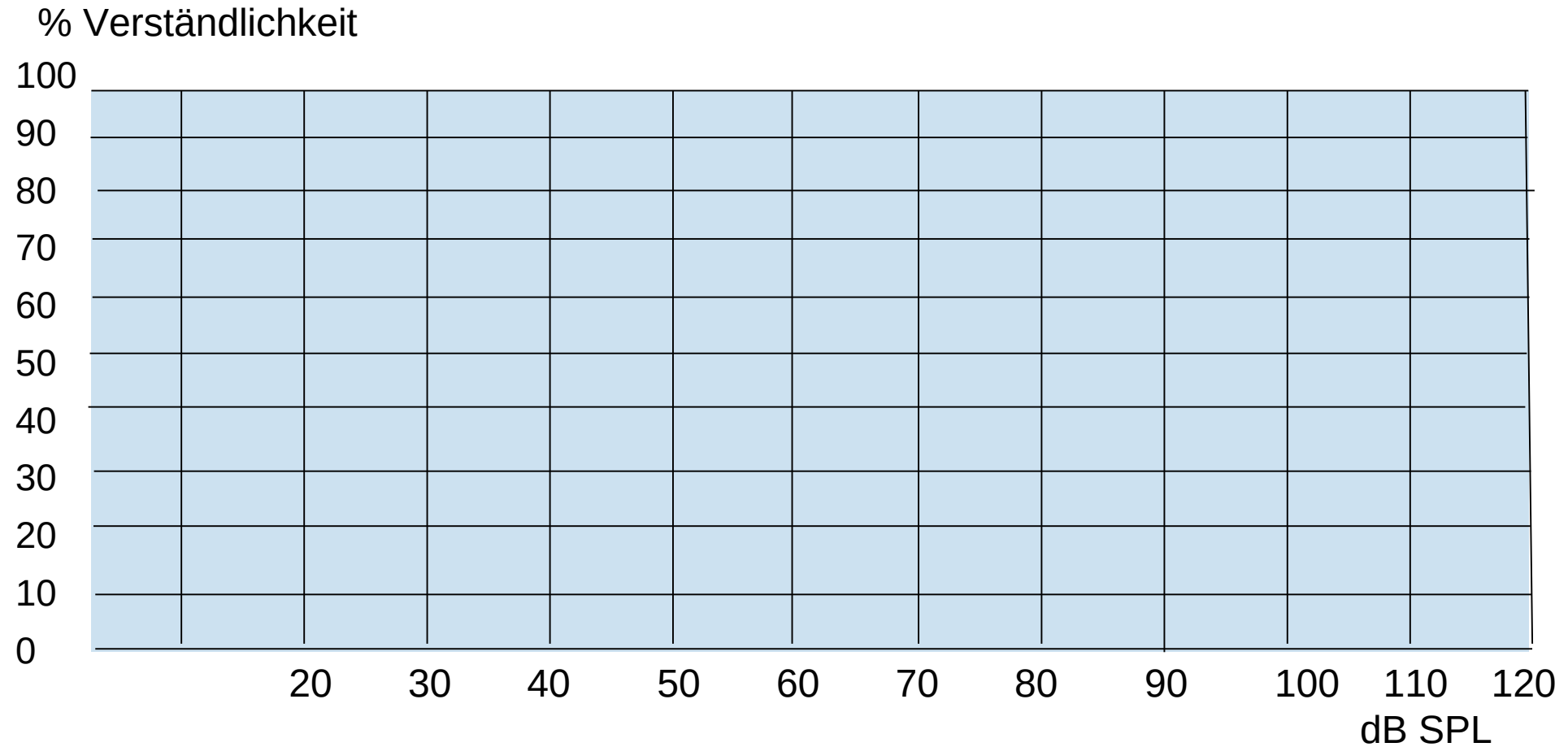
Tonaudiogramm



Das Tonaudiogramm



Das Sprachaudiogramm



Satztests

- Oldenburger Satztest/Göttinger Satztest
 - Es wird eine Verstehensschwelle ermittelt – schwerer Test, da immer nur 50 % verstanden werden
- HSM – Satztest
 - Getestet wird auf maximale Verständlichkeit
 - Etwas einfachere Sätze
 - Wurde für CI-Träger konzipiert
 - Feste Rauschlautstärke

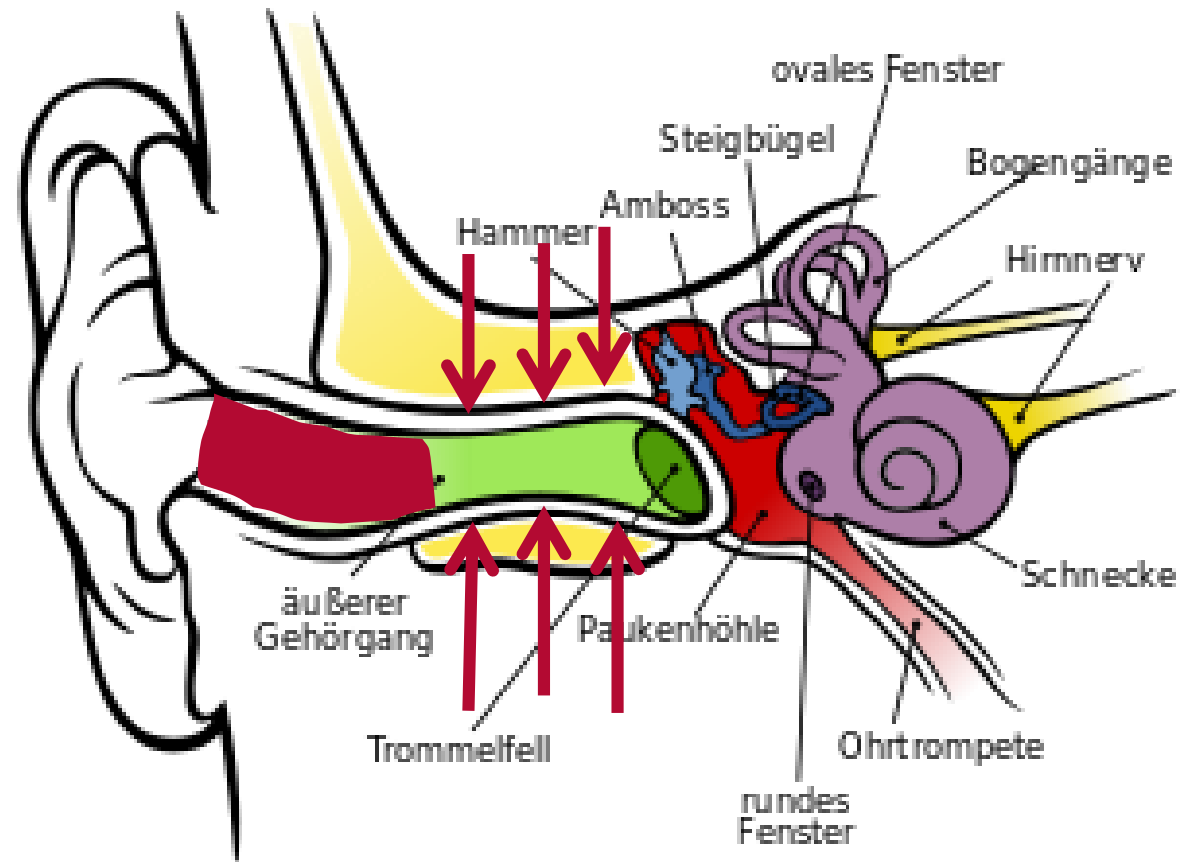


Hörgeräte



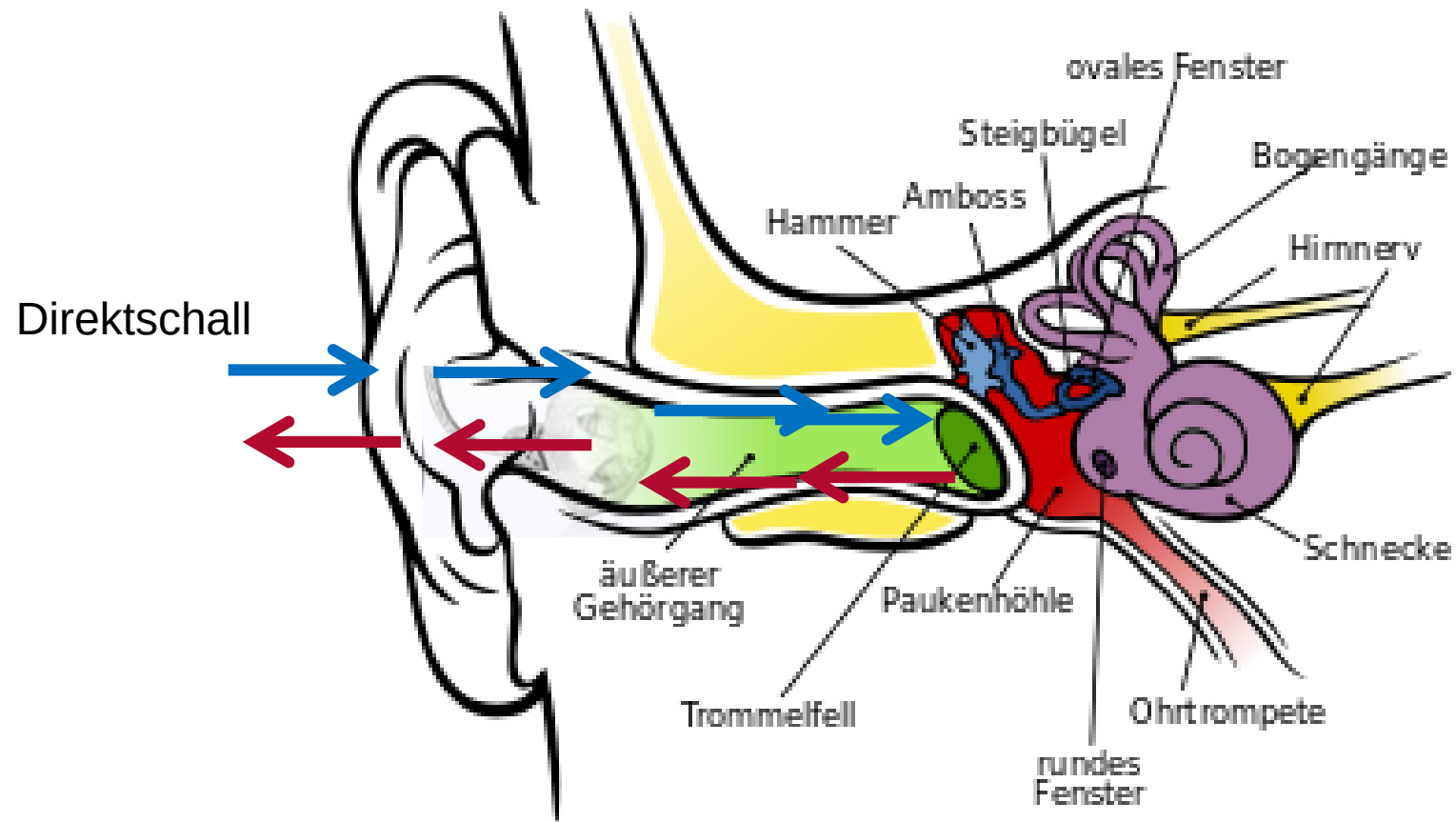
Akustische Ankopplung

Akustische Ankopplung

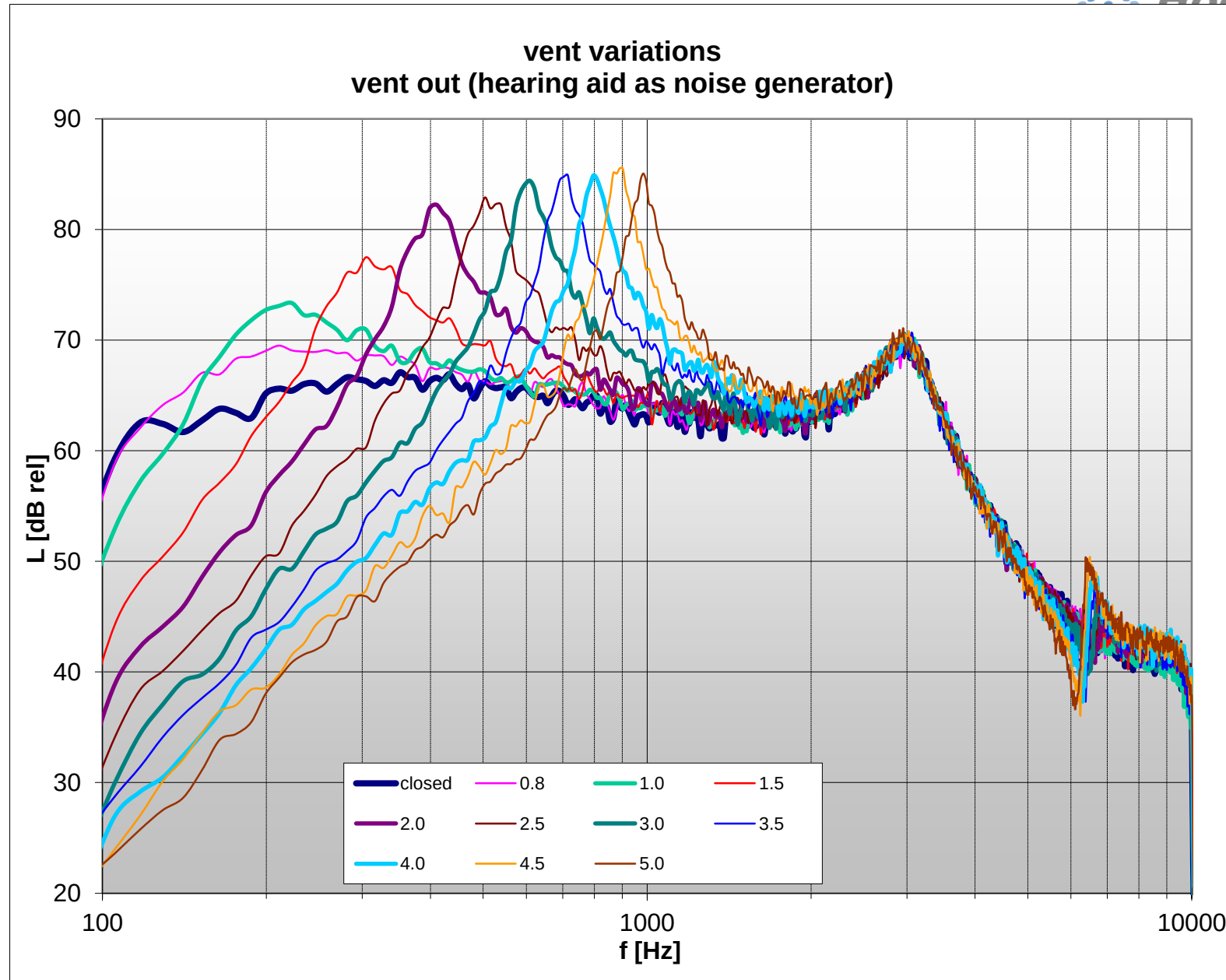


„Anatomy of the Human Ear de“ Chittka L, <http://commons.wikimedia.org/wiki/File>

Akustische Ankopplung



Was passiert akustisch bei einer offenen Anpassung?



Bedeutung für die akustische Ankopplung

- **Vorteile der offenen Versorgung**

- Angenehmerer Klang
- Natürliche Funktion bleibt erhalten
- Tiefe Frequenzen werden normal wahrgenommen

- **Nachteile der offenen Versorgung**

- Leistungsverlust
- Verstärkung im Tieftonbereich ist begrenzt
- Störschallunterdrückung kann nicht richtig arbeiten
- Richtmikrofone arbeiten nicht richtig

Was können moderne Hörsysteme?

- Durch Mehrkanaltechnik kann der Hörverlust individuell ausgeglichen werden
- In mehreren Bändern kann die Dynamik gut abgebildet werden
- Frequenzbereichserniedrigung
- Adaptive Richtcharakteristik
- Störgeräuschunterdrückung
- Spracherkennung
- Automatische Sprachverfolgung
- Verschiedene Hörprogramme
- Rückkopplungsunterdrückung
- Datalogging
- Bidirektionalität
- Umstellungen nur noch auf einer Seite
- Fernbedienung
- Bluetooth-Anbindung, dadurch telefonieren mit dem Handy über die Hörsysteme
- Entspannungsmusik über Hörsystem

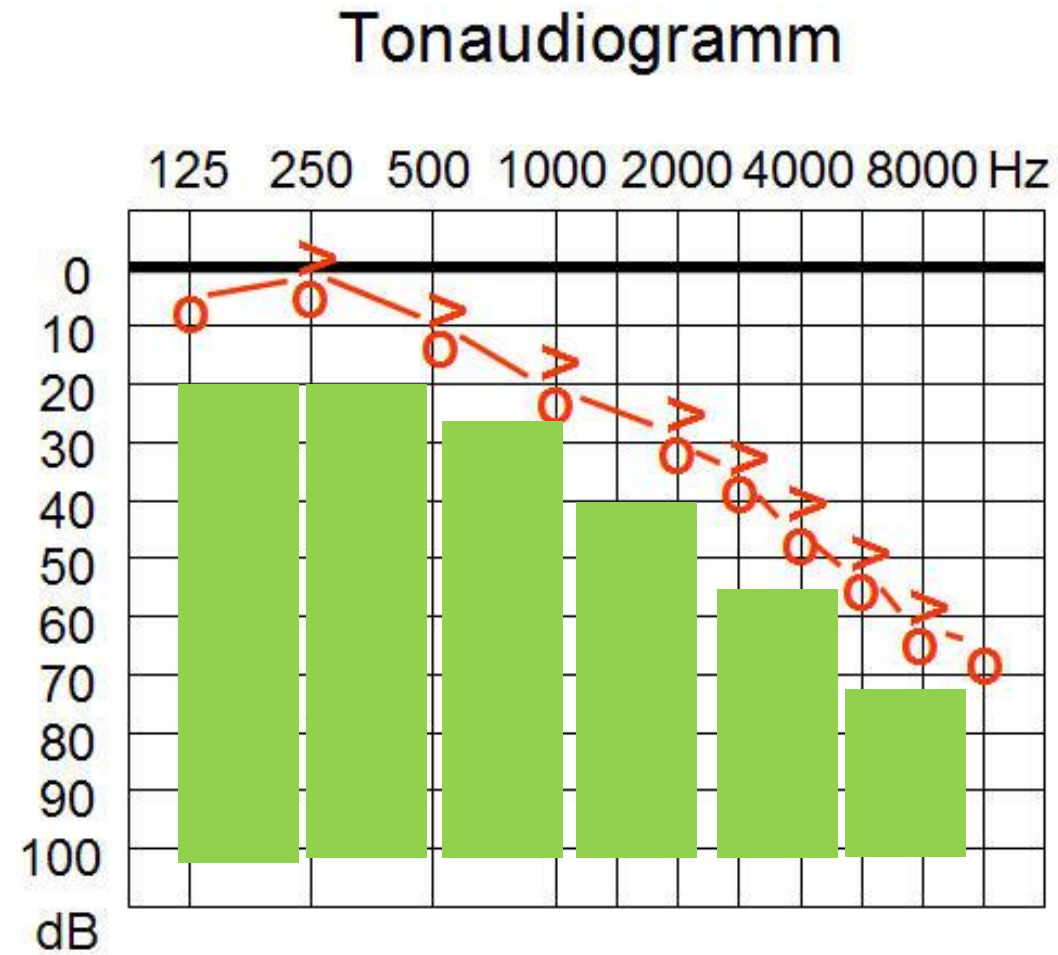


Mehrkanaltechnik

- Manche Hörsysteme arbeiten in bis zu 48 Kanälen
- Dadurch kann der Hörverlust individuell ausgeglichen werden
- Typischerweise liegt auch häufig eine eingeschränkte Dynamik vor, ebenfalls von Frequenz zu Frequenz unterschiedlich, dies kann ebenfalls mit einer Mehrkanaltechnik besser eingestellt werden



Mehrkanaltechnik

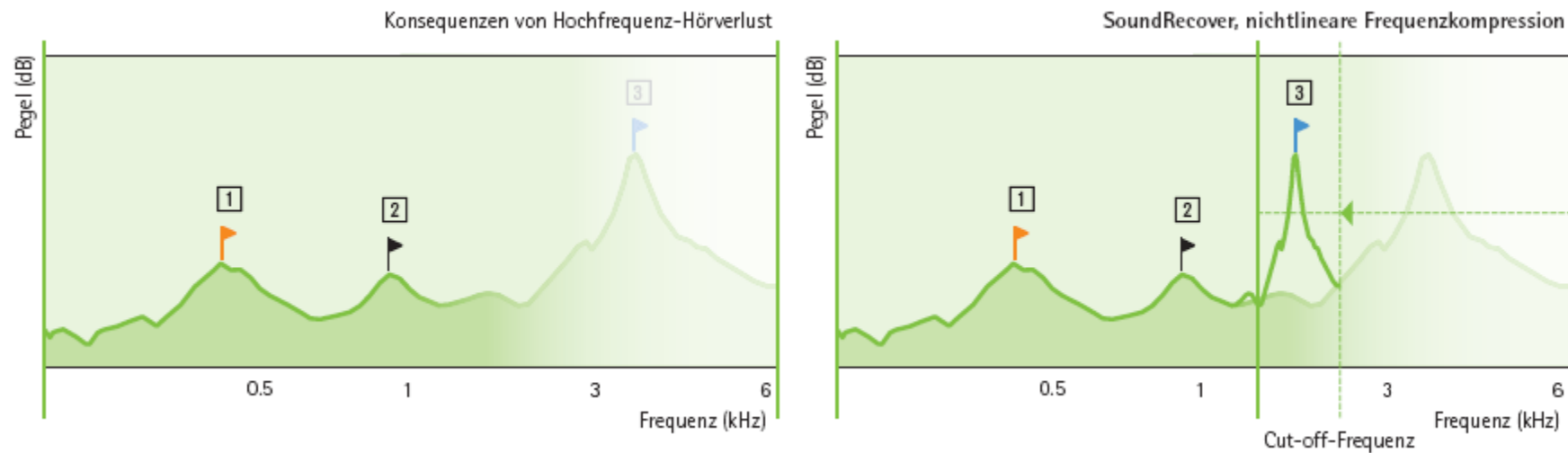


https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tonaudiogramm_w_sens.jpg

Frequenzerniedrigung

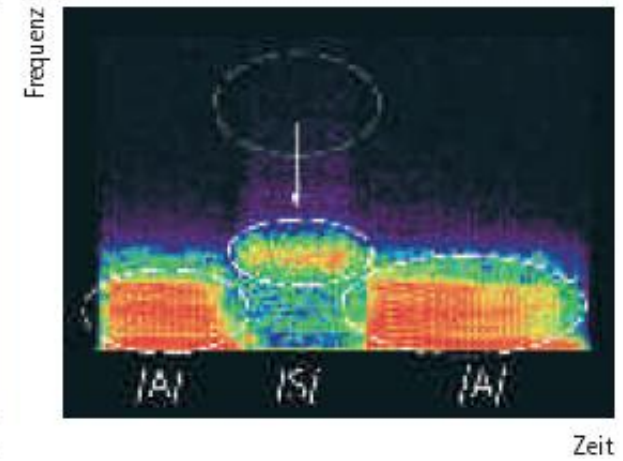
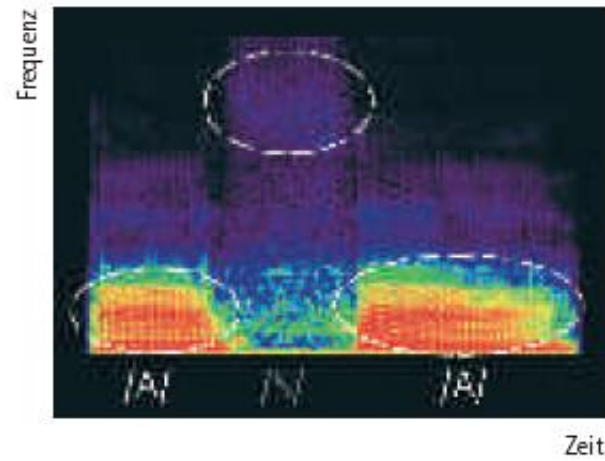
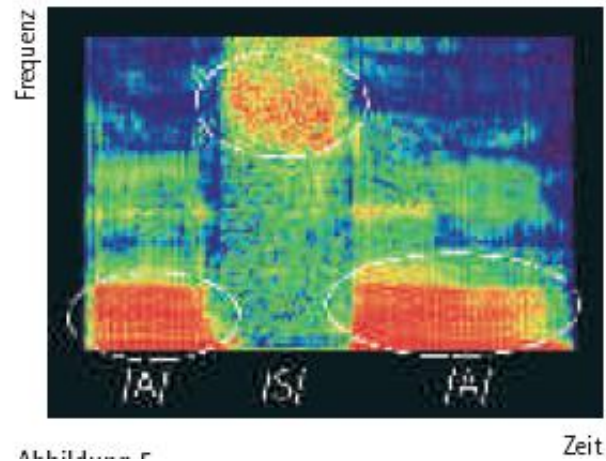
- Nichtlineare Frequenzkompression
 - Der Frequenzbereich wird ab einer bestimmten „cut-off frequency“ komprimiert
- Lineare Frequenztransposition
 - Der hohe Frequenzanteil wird ab einer bestimmten „Startfrequenz“ in den tiefen Frequenzbereich verschoben
- Spectral Feature Identification

Nichtlineare Frequenzkompression



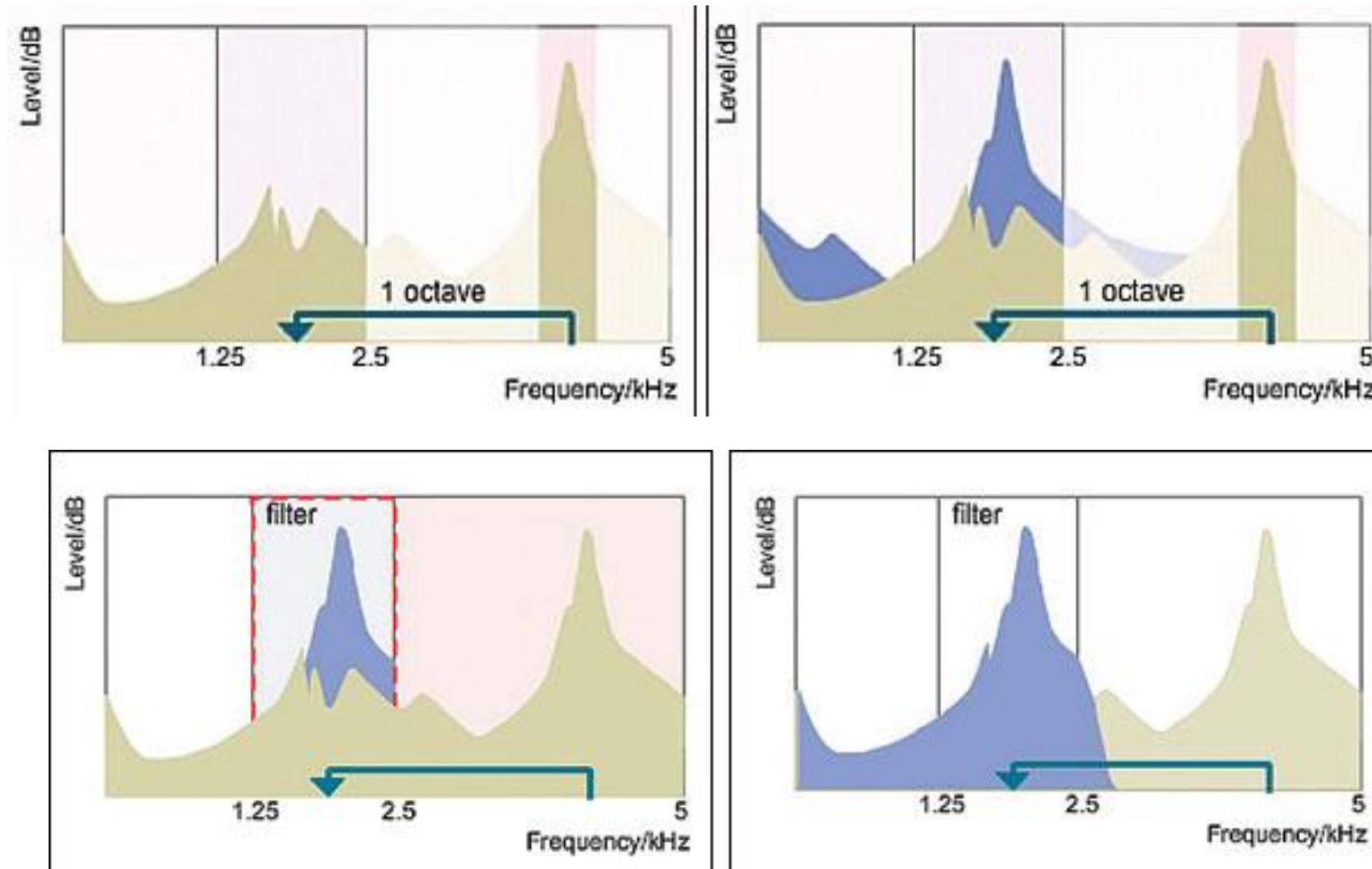
Quelle: www.phonak.com

Nichtlineare Frequenzkompression



Quelle: www.phonak.com

Frequenztransposition

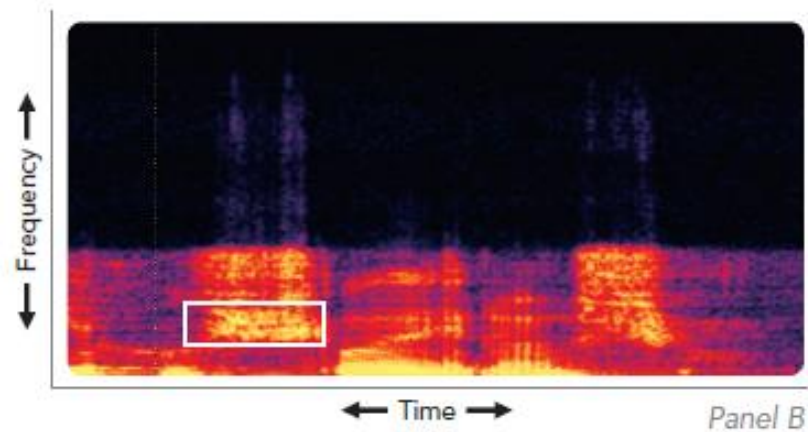
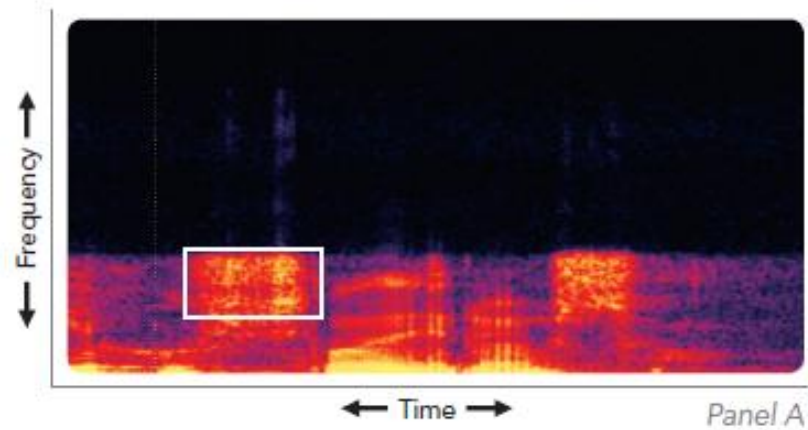


Aus Kuk et al. Hearing Review, 2006

Spectral Feature Identification (Spectral iQ)

- Identifikation spektraler Charaktereigenschaften
- Hochfrequente Anteile des Schalls werden identifiziert und klassifiziert
- Wird ein hochfrequenter Schall detektiert so wird dieser, und nur dieser, in einem tieferen Frequenzbereich reproduziert
- Diese Technik erhält damit die Struktur der Sprache im spektralen Bereich und damit in den Formanten

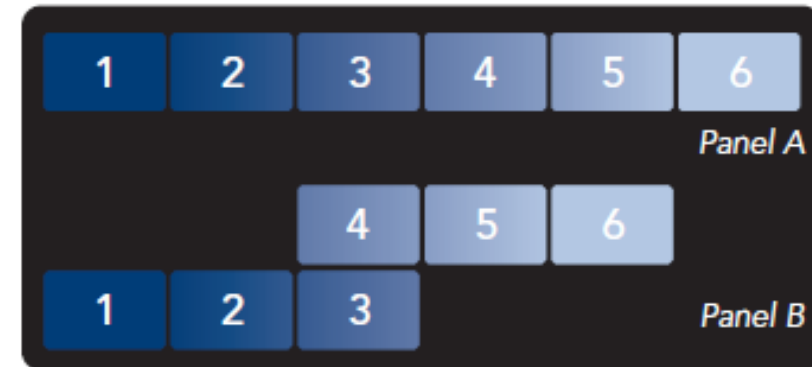
Spectral Feature Identification



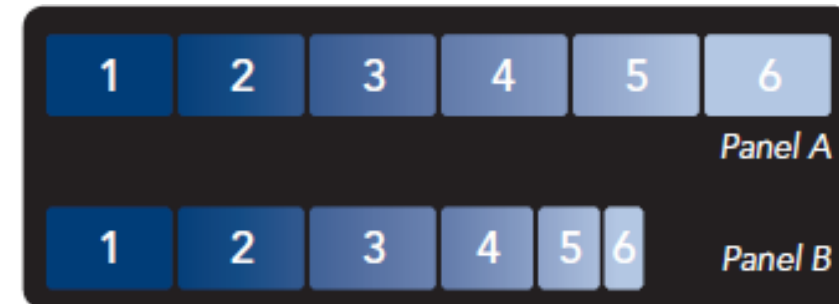
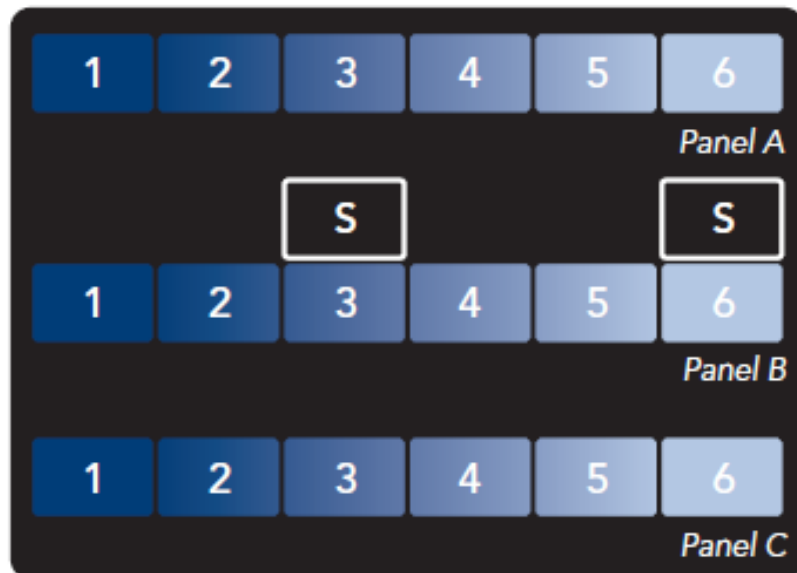
Galster et al. 2011, Starkey White paper

Im Vergleich

Frequenztransposition



Frequenzkompression

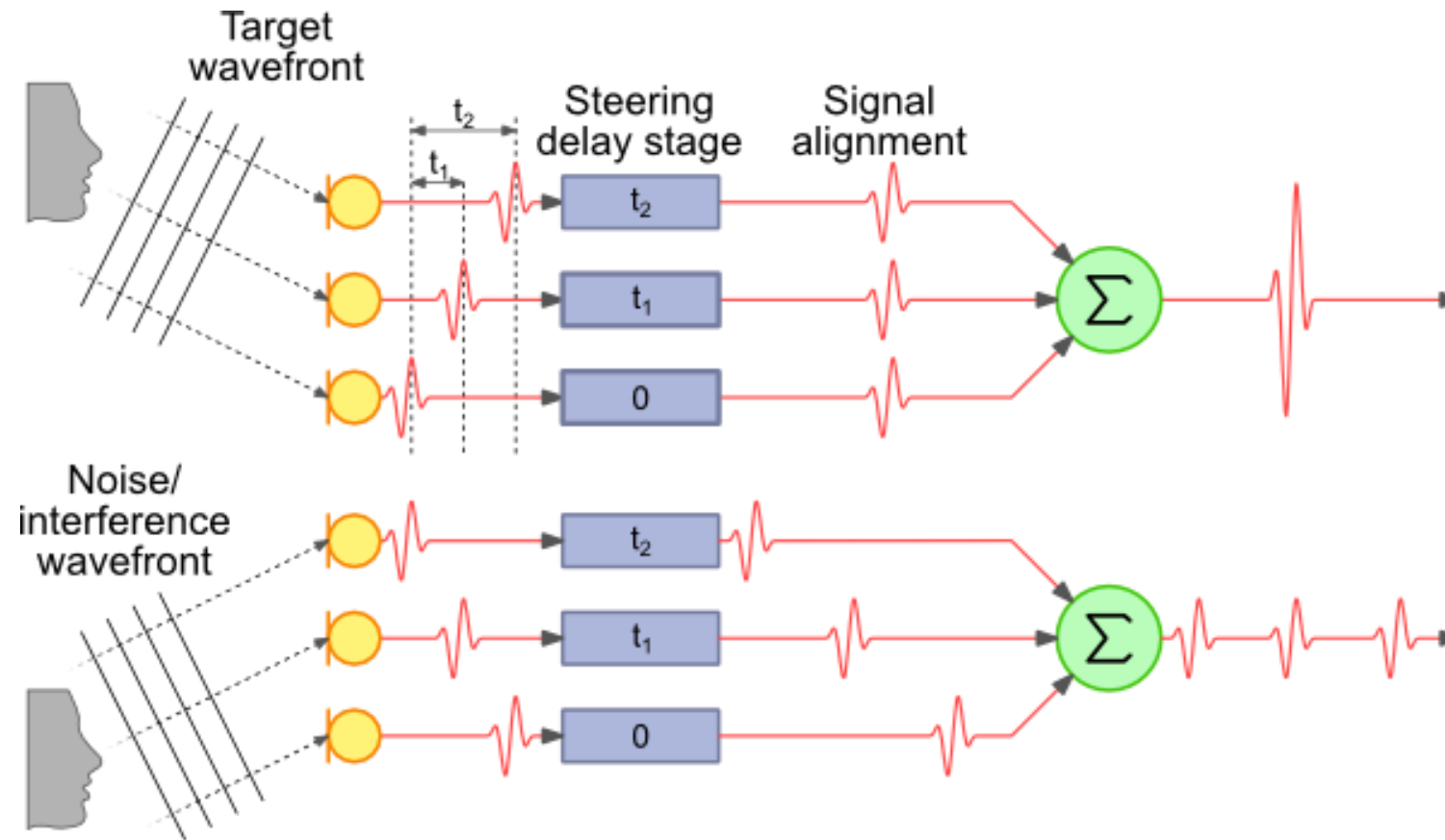


Spectral IQ

Galster et al. 2011, Starkey White paper

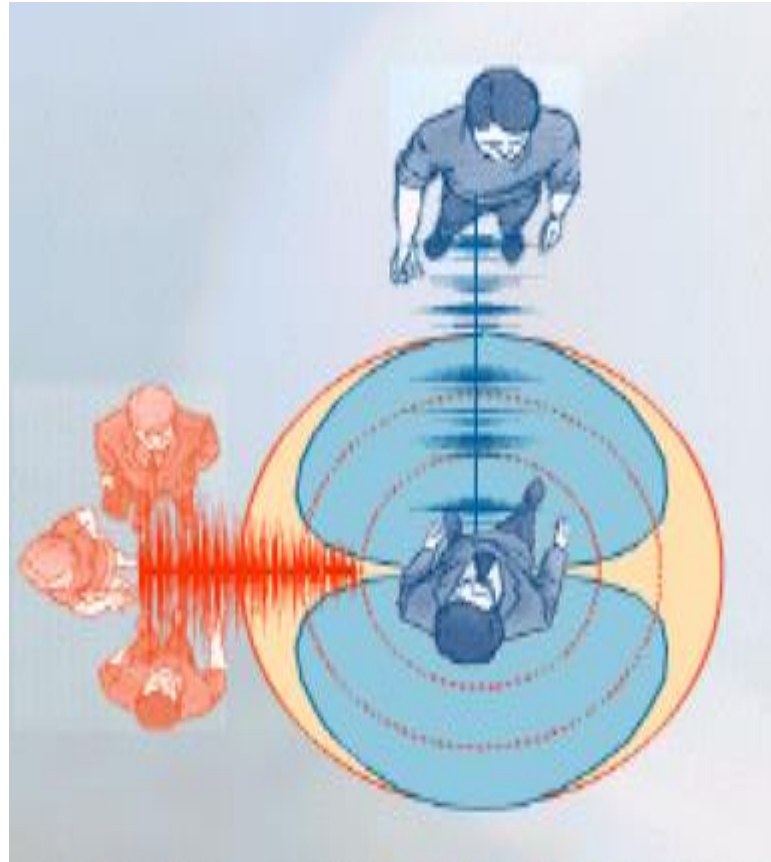
Richtmikrofone

Beamforming

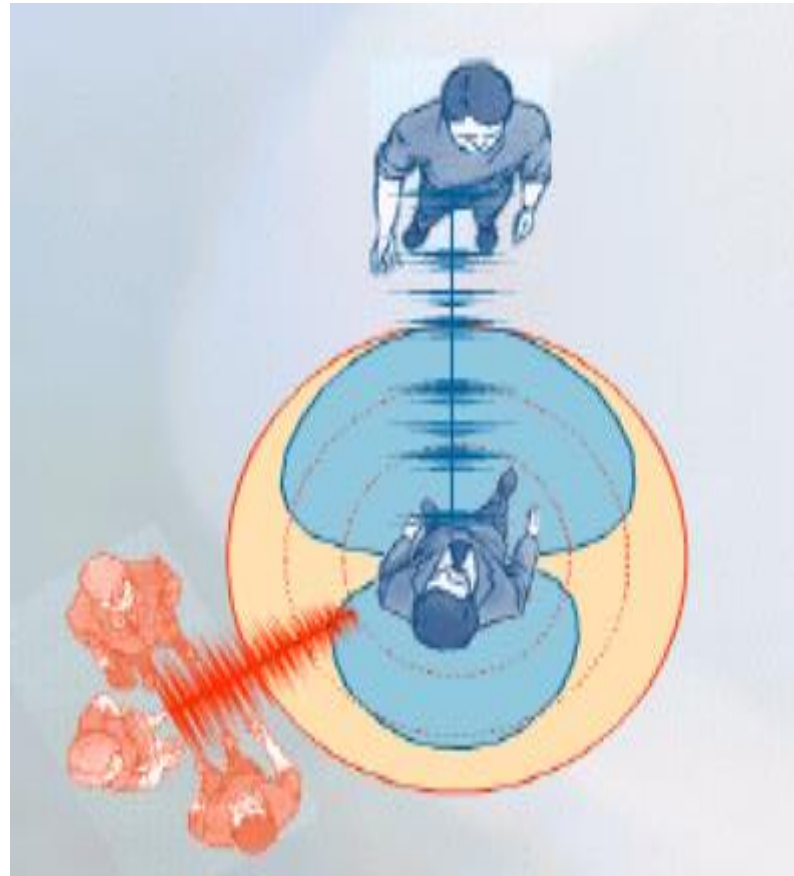


Quelle: <http://www.labbookpages.co.uk/audio/beamforming/delaySum.html>

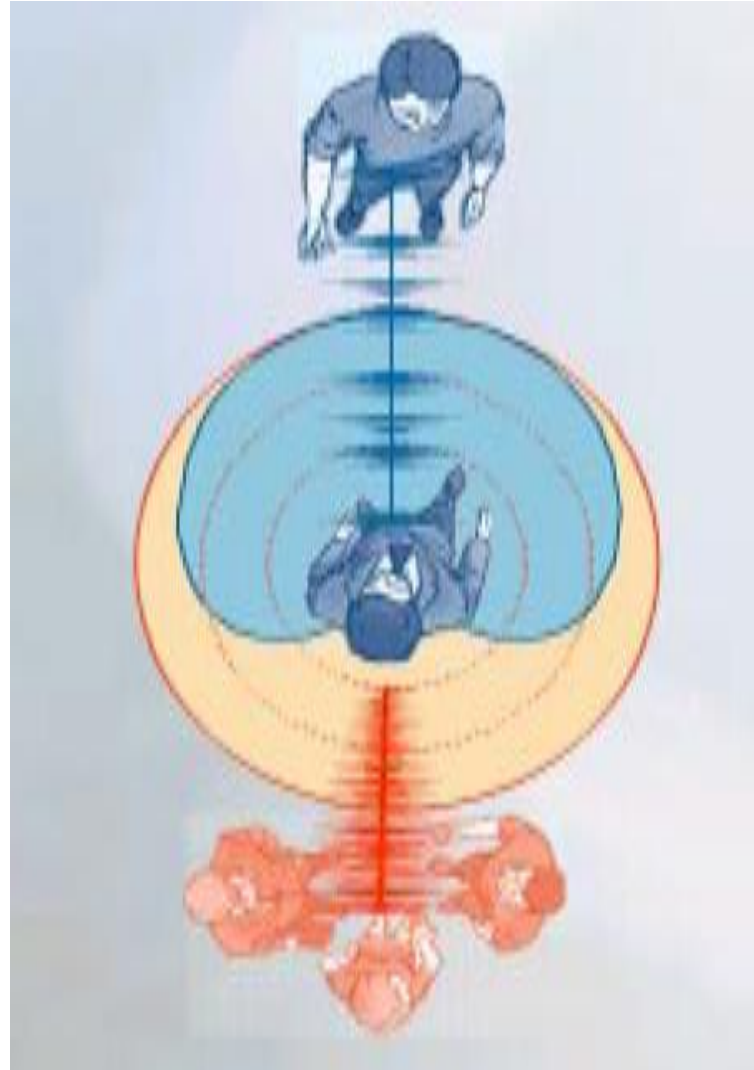
Adaptives Richtmikrofon



Adaptives Richtmikrofon

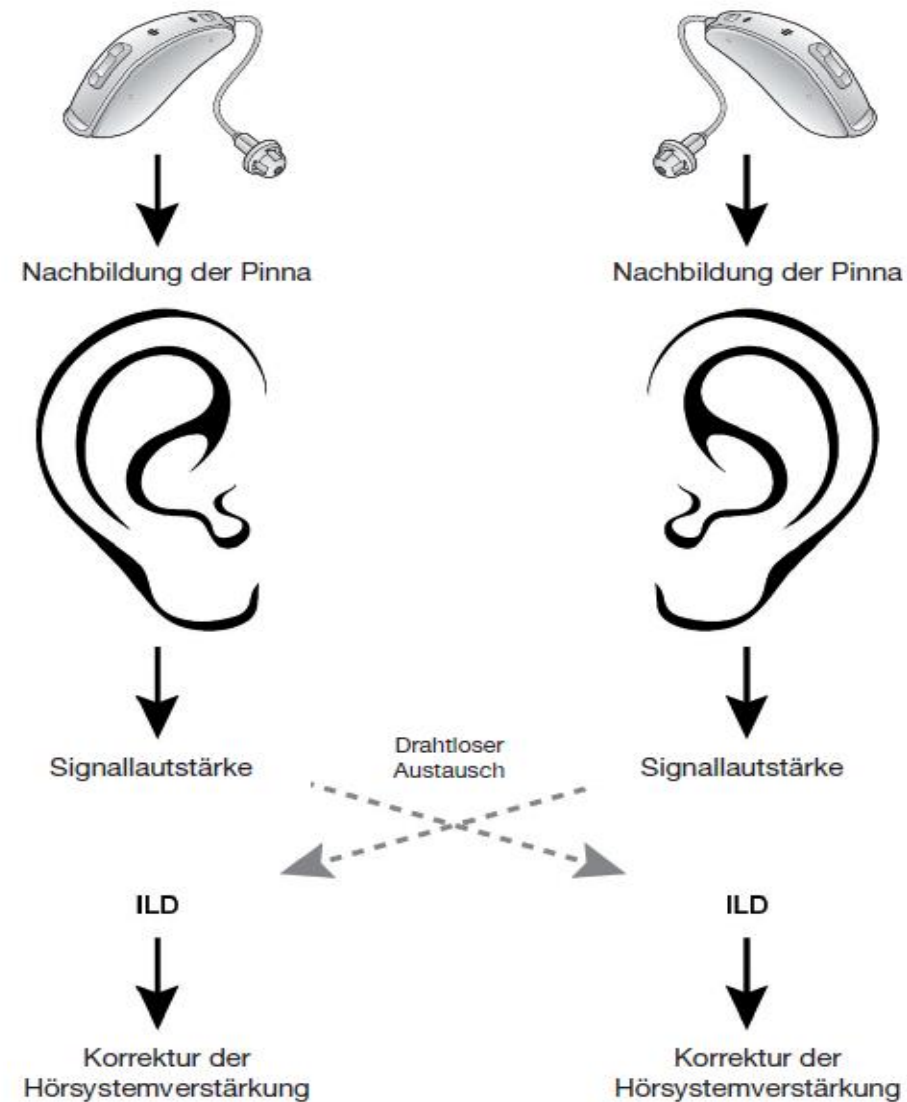


Adaptives Richtmikrofon



Bidirektionalität

- Regelmäßiger Austausch von Audiosequenzen



Effekte unabhängig voneinander arbeitender Hörsysteme

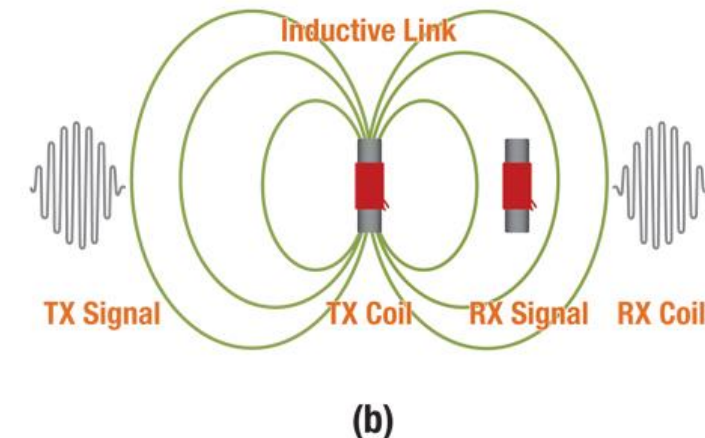
- Platzierung der Mikrofone oberhalb der Ohrmuschel entfernt die spektralen Eigenschaften der Ohrmuschel
- Platzierung des Mikrofons über der Ohrmuschel verzerrt die ILD (Interaurale Pegel-Differenz)
- Eine unabhängig arbeitende Kompression (WDRC) verzerrt die ILD

Kommunikation zwischen den Hörsystemen

- Hörsysteme „sprechen miteinander“
- Man braucht nur Lautstärke und Programm an einem Hörsystem umzuschalten
- Manche Hörsysteme tauschen ganze Audiosequenzen miteinander aus, um sich besser auf die Umgebungen einzustellen
- Bessere Richtungshöreigenschaften

Binaurale Verarbeitung

- Übertragungsraten bis 596 kBit/s
- Reichweite: ca. 3 m
- Technologie:
 - Near Field Magnetic Induction (NFMI)
 - Frequenzband 3 – 15 MHz



Störgeräuschunterdrückung - Spracherkennung

- Moderne Hörsysteme können gut stationäre Geräusche erkennen und diese unterdrücken
- Sprache wird anhand ihrer Eigenschaften, typische Frequenzverteilung, typische Lautstärkeveränderungen erkannt und verstärkt

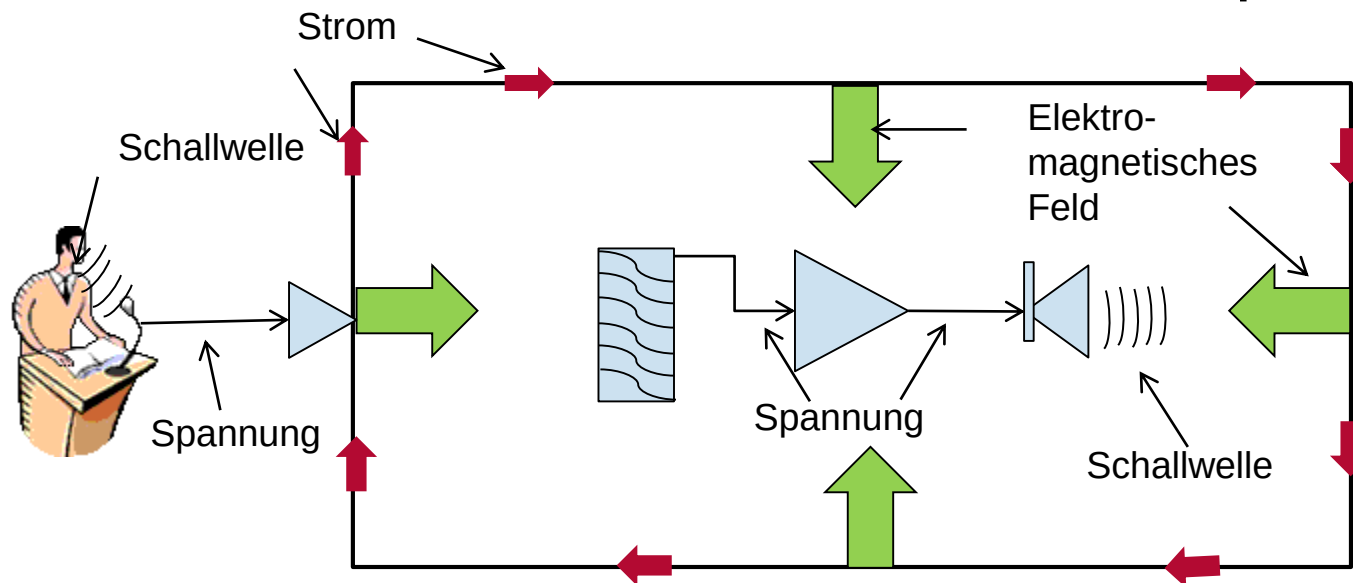


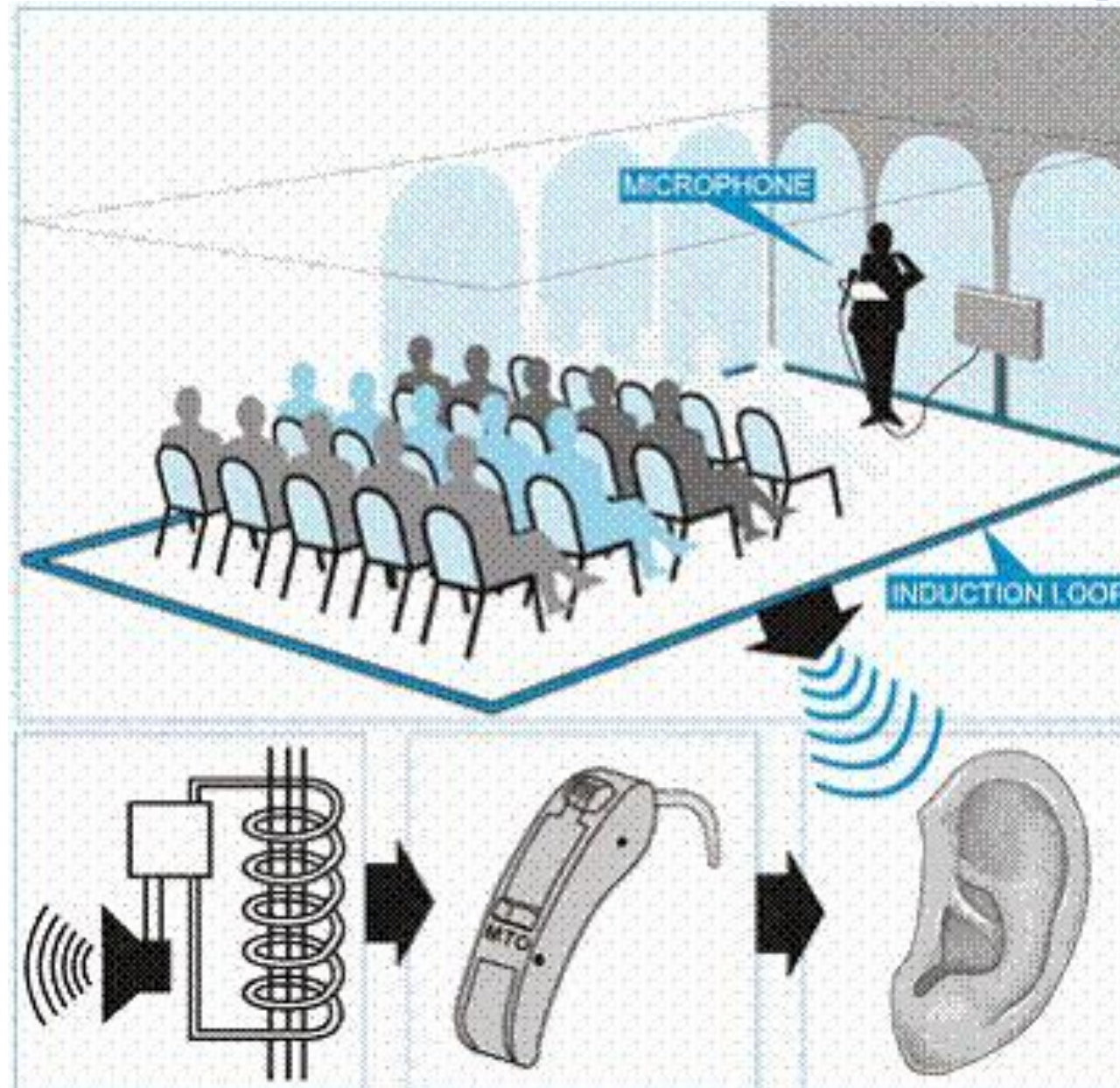
Problem: Oft sind Sprachgeräusche Störgeräusche!

Hilfsmittel und elektronische Vernetzung

Induktion

- Das Audiosignal wird in elektrischen Strom verwandelt, dieser zirkuliert in einem elektrischen Leiter und erzeugt ein elektromagnetisches Feld, dieses durchdringt die Spule des Hörgerätes/CI und induziert dort eine elektrische Spannung





Induktion

- Wenn sich im Raum noch eine Spule befindet und sich das Hörgerät auf Stellung „T“ befindet, kann man indukTiv hören.
- Woher weiß ich, dass es eine Spule gibt?



Induktionsanlagen

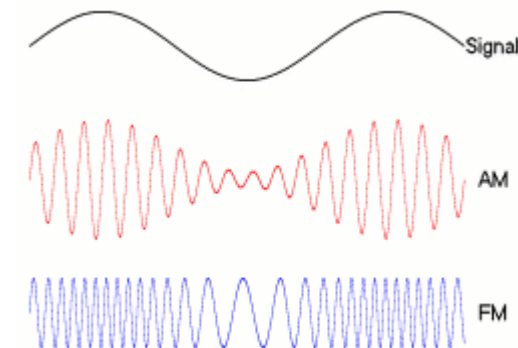
Induktionsleitungen
(Ringschleifen, T-Spulen)
gibt es meist in:

- Kirchen
- Konzerthäusern
- Öffentlichen Gebäuden
 - Rathaus, Bahn-
schalter etc.)
- aber auch:
 - TV
 - Radio
 -



Funk – frequenzmodulierte Signale (FM)

- Ein Sprachsignal wird von einem Sender (Transmitter) aufgenommen und in modulierte Funksignale umgewandelt und ausgestrahlt über eine festgelegte Radiofrequenz. Der Schwerhörige trägt einen Empfänger, der das Funksignal an das Hörgerät/CI weiterleitet
- Sendefrequenzen (Phonak):
 - 169.40–176.00 MHz (Band HA)
 - 176.00–181.90 MHz (Band HB)
 - 187.45–194.50 MHz (Band J)
 - 214.00–220.00 MHz (Band NB)

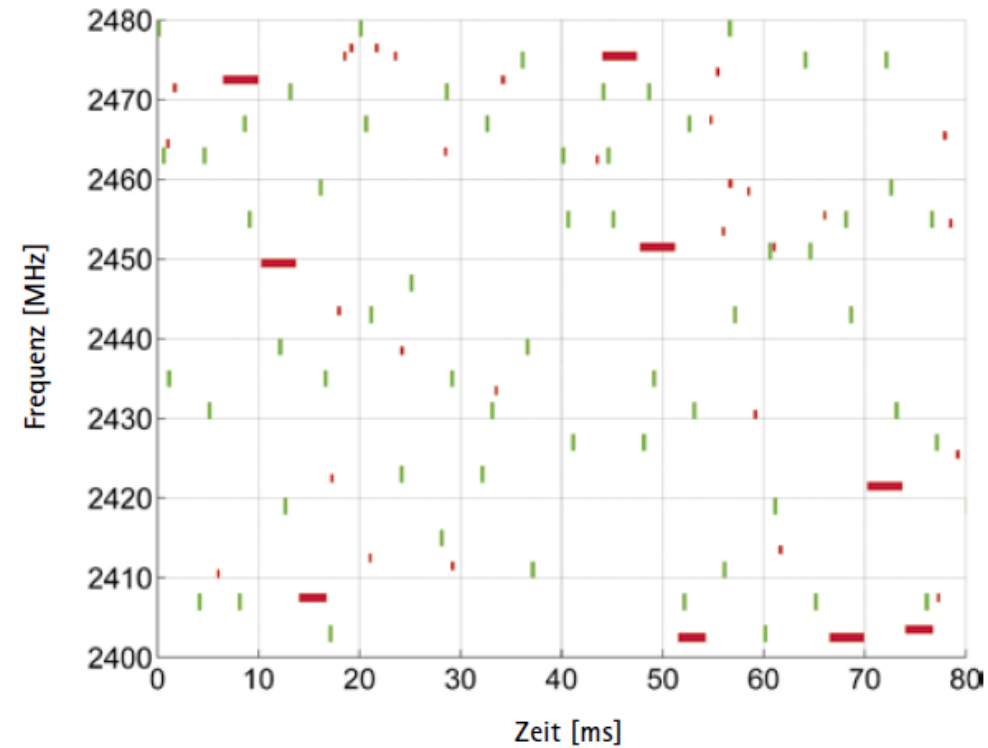


Übertragungsfrequenzen

- Freie Frequenzen sind H33/H42/H44
- Weitere Anmeldung über die Bundesnetzagentur
- Übertragungsfrequenzen
- FM-Anlagen, die im UHF-Bereich (Ultra-high-Frequency) zwischen 0,3 GHz und 3 GHz senden
- FM-Anlagen, die im VHF-Bereich (Very-high-Frequency) zwischen 30 MHz und 300 MHz senden

Digitale FM-Anlagen

- 2,4 GHz-Band
- Aufspaltung des Signals in 160 μ s kurze Bits
- Diese werden mehrfach an Empfänger gesendet
- Adaptives „frequency hopping“ (Frequenzspringen), dadurch weniger Empfangsstörungen
- Audioverzögerungen zwischen Mikrofon und Empfänger < 25 ms
- Keine gegenseitigen Effekte bei benachbarten Klassenzimmern
- Deutlich niedrigerer Stromverbrauch als bei Bluetooth

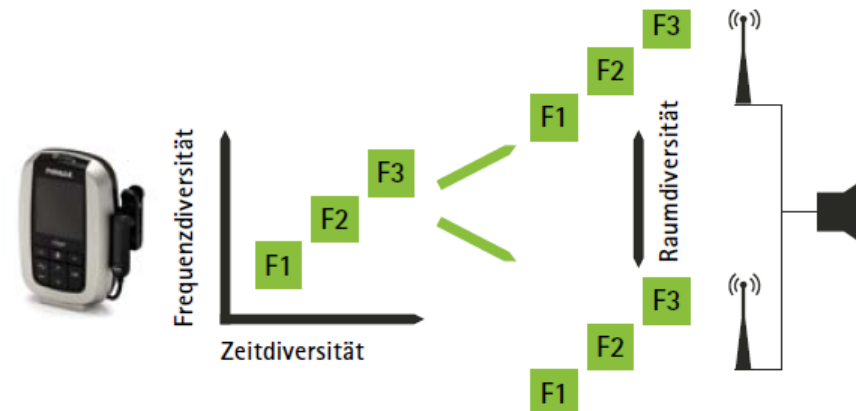


Durch Frequenzsprünge und wiederholte Übertragungen der Audio-Pakete können gegenseitige Empfangsstörungen minimiert werden.

Mülder, Hans: Roger Der neue drahtlose Technologie-Standard, 201, Phonak AG 2013

Digitale FM-Anlagen

- Reduzierung von Empfangsstörungen durch
 - Zeitdiversität
 - Frequenzdiversität
 - Raumdiversität (bei Roger Soundfield)



Mülder, Hans: Roger Der neue drahtlose Technologie-Standard, 201, Phonak AG 2013

FM-Anwendungen

- Für TV-HiFi-Übertragung
- In Schulen
- Vorträge
-



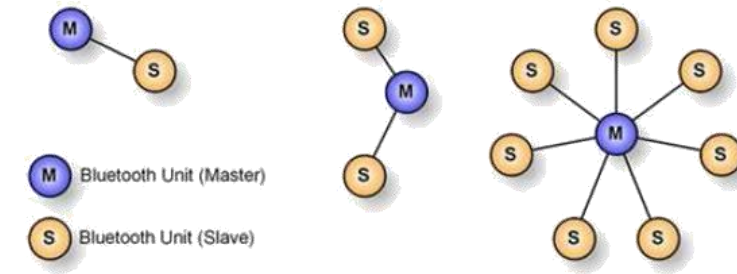


Funk – Bluetooth Signale

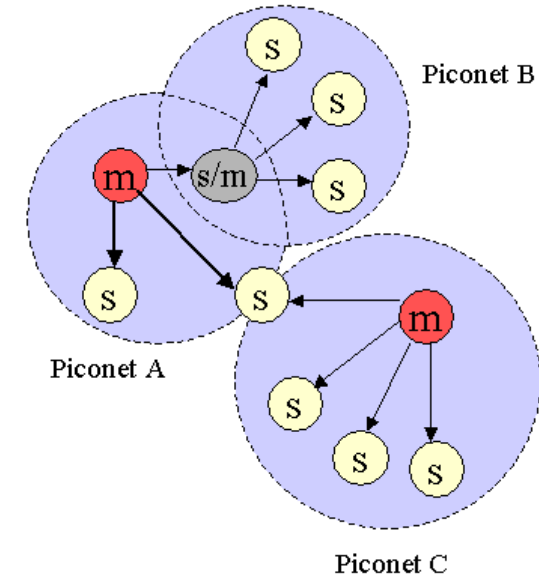
- Kabellose Technik im Nahbereich
- 2,402 – 2,480 GHz-Bereich im ISM-Band, aufgeteilt in 79 1 MHz Bänder
- Reichweite max. bis 100 m außen, 40 m innen
- Da hohe Frequenz und kleine Reichweite ist nur eine kleine Antenne notwendig
- Konnektivität unterschiedlichster Geräte (bis zu 8)
 - Handy, TV, Computer, Drucker, Eingabegeräte
- Falls kein DAI-Port vorhanden, Anbindung auch mit Halsschleife
- Aktueller Stand Bluetooth 5.1, in Hörsystemen jedoch 4.2 (Low Energy)

Bluetooth

- Datenrate (V. 5.0): 2 Mbits/s
- Sprachübertragung mit 25 Mbits/s und 1 – 3 Verbindungen pro Master
- Piconetz: 1 Master und bis zu 7 sog. aktive Slaves
- Scatternetz: Überlagerung verschiedener Piconetze
- Verzögerung bis 18 ms!
- Zur Zeit aktuell Version 5.1



Piconetzstruktur



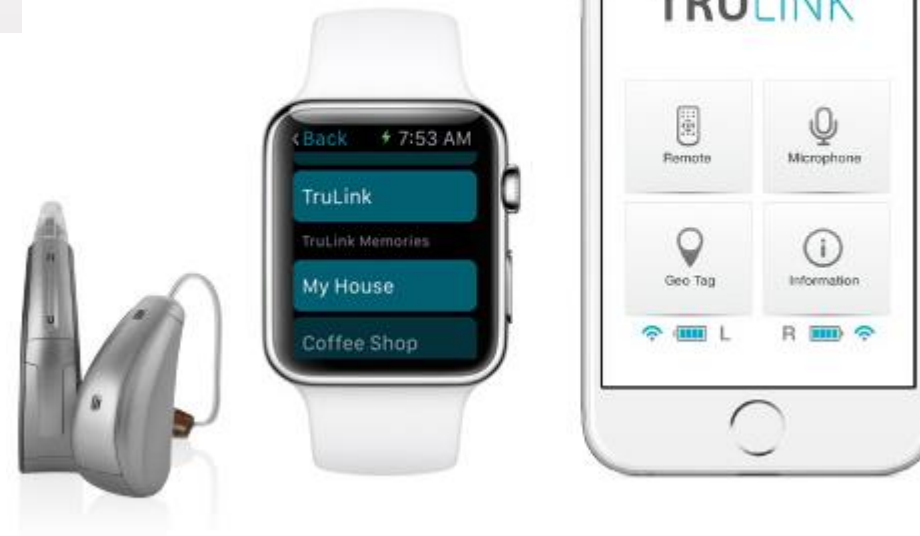
Scatternetzstruktur

Kürzel	Name	Funktion	Art
A2DP	Advanced Audio Distribution Profile	Übertragung von Stereo-Audio-Signalen	aktiv
AVRCP	Audio Video Remote Control Profile	Dient der Steuerung der via Bluetooth gestreamten Inhalte	passiv
BIP	Basic Imaging Profile	Kann Bilder in Format und Größe, vor dem Senden, anpassen	aktiv, passiv
BPP	Basic Printing Profile	Erlaubt das Drucken von Dateien, an einem Bluetoothfähigen-Drucker	aktiv
DUN	Dial-Up Networking Profile	Ermöglicht das Generieren eines mobile Access-Point (Bluetooth-Tethering)	passiv
FTP	File Transfer Profile	Benötigt zum Senden und Empfangen von Dateien	aktiv, passiv
HFP	Hands Free Profile	Ermöglicht das Telefonieren über eine Freisprecheinrichtung	passiv
HSP	Headset Profile	Ermöglicht die Sprach-Ein- und Ausgabe über ein Headset	passiv
HID	Human Interface Device	Erlaubt Eingaben auf einem gekoppelten Gerät, Abgespeckte Version des USB HID	aktiv, passiv
OPP	Object Push Profile	Empfang und Übertragung von Terminkalendern und Kontakten	aktiv, passiv
PBAP	Phonebook Access Profile	Erlaubt einem gekoppelten Gerät den Zugriff auf das Telefonbuch	passiv
SAP	SIM Access Point	Erlaubt einem im PKW eingebauten Mobiltelefon den Zugriff auf die SIM-Karte des Handys	passiv

Beispiele



www.GNResound.com



Made for
 iPod  iPhone  iPad

www.starkey.com

Möglichkeiten für CI-Träger



Freedom-Prozessor mit MicroLink



Artone Bluetooth



Sender für TV, Radio



mobiler Sender



cm BT2

Noch mehr Möglichkeiten



Comfort Audio
Mini Empfänger DT20



Comfort Audio
Mikrofon DM30
Sender und Empfänger in einem



Humantechnik CM-light

Quelle: www.comfortaudio.com

Die Zukunft – Internet of Things

Die Zukunft

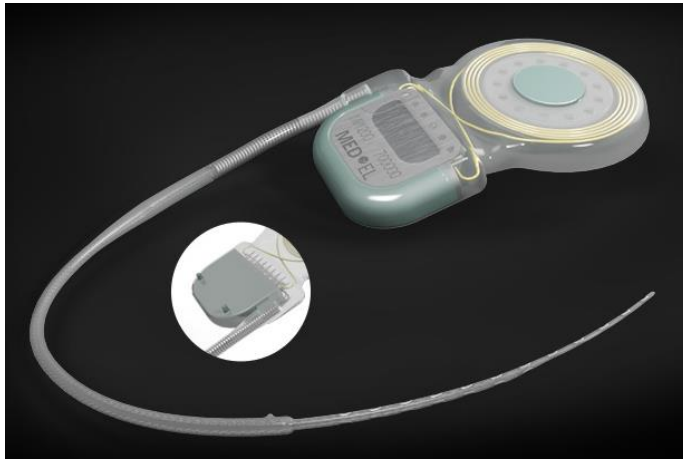
- Hörsysteme als “wearables” oder “hearables”



Ich sag' einfach:

DANKE!

Cochlea Implantate



www.medel.de, www.cochlear.com, www.adbancedbionics.com



www.medel.de

Offene Versorgung



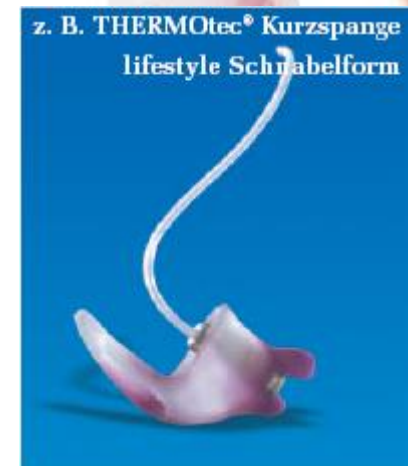
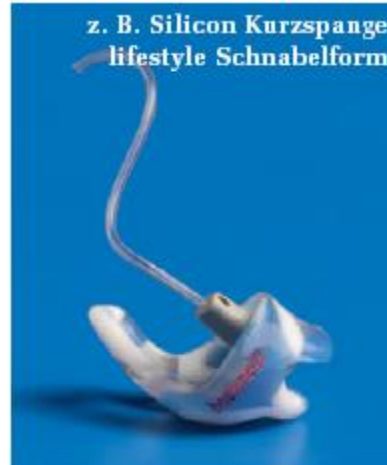
Offene Versorgung



Offene Versorgung

- Ziel:
 - Möglichst kein Okklusionseffekt
 - Natürliches Hören
 - Kosmetisch ansprechendes Design

Externe Hörer



Externe Hörer

- Vorteile
 - Schallzuführung direkt in den Gehörgang
 - Mehr Verstärkung möglich
 - Keine Rückkopplungsprobleme
- Nachteile
 - Gehörgang muss weit genug sein
 - Bei starker Cerumenproduktion nicht möglich
 - Sehr anfällig bei Feuchtigkeit, besonders Schweiß